

FOLIA FORESTALIA 691

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1987

AULIS RITARI

LUMIPEITTEEN SULAMISEN RIIPPUVUUS
ERÄISTÄ METSIKKÖ- JA KASVUPAIKKA-
TUNNUKSISTA KIVALON TUTKIMUSALUEELLA

ABLATION OF LATE SNOWCOVER IN
RELATION TO SOME STAND AND SITE
CHARACTERISTICS IN KIVALO,
NORTHERN FINLAND



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: Director:	Professori Professor	Aarne Nyssönen
Julkaisujen jakelu: Distribution of publications:	Kirjastonhoitaja Librarian	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: Editorial office:	Toimittajat Editors	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 691

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1987

Aulis Ritari

LUMIPEITTEEN SULAMISEN RIIPPUVUUS ERÄISTÄ
METSIKKÖ- JA KASVUPAIKKATUNNUKSISTA
KIVALON TUTKIMUSALUEELLA

Ablation of late snowcover in relation to some stand
and site characteristics in Kivalo, northern
Finland

Approved on 29.5.1987

SISÄLLYS — CONTENTS

1. JOHDANTO	3
2. MENETELMÄT JA AINEISTO	4
3. TULOKSET	6
4. TULOSTEN TARKASTELU	11
KIRJALLISUUS — REFERENCES	14
SUMMARY	15

RITARI, A. 1987. Lumipeitteen sulamisen riippuvuus eräistä metsikkö- ja kasvupaikkatunnuksista Kivalon tutkimusalueella. Summary: Ablation of late snowcover in relation to some stand and site characteristics in Kivalo, northern Finland. *Folia Forestalia* 691. 16 p.

Tutkimuksessa määritettiin ilmakuvien ja maastohavainnoinnin avulla n. 6000 ha:n metsäalueen lumen peittävyys toukokuussa 1982, jolloin lähes puolet alueesta oli lumesta vapaata. Lumisuuskuviotiedot liitettiin rajoitetulla satunnaisotannalla muodostettua havaintopisteistöä käyttäen vastaaviin maasto- ja metsikkökuviotietoihin, jotka kerättiin topografikartoilta ja metsätaloustarkastuksen asiakirjoista. Havaintopisteitä oli yhteensä 595 kpl.

Tulosten mukaan suuren lumenpeittävyysarvon omaaviin kuvioihin liittyi seuraavia piirteitä:

- kasvupaikka on tuore kangas, kuivahko kangas tai korpi,
- kysymyksessä on ns. lakialue,
- maasto on lievästi kalteva pohjois-, koillis- tai itärinte,
- kuvion jatkumissuuntana on itä-länsi,
- puusto on kooltaan ja määrältään suurempi kuin pienemmän lumen peittävyysarvon omaavilla kuvioilla,
- metsikkökuvioilla on tuotosta alentava lisämääre, esimerkiksi kunntaisuus,
- kuusen osuus puustosta on suuri,
- metsänhoidollinen tila on usein epätydyttävä tai vajaatuottoinen.

Metsänhoidolliselta kannalta lumenviipymäkuvioiden tuntemisesta ja rajaamisesta on suurin hyöty silloin, kun harkitaan, liittyykö ilmiö kasvupaikkatekijöihin, jotka heikentävät puuston kasvuedellytyksiä (kasvupaikkaindikaattori), vai onko myöhäinen lumen sulaminen vain metsikön puuston aikaansaama ominaisuus. Etelä-Suomen oloihin verrattuna lumenviipymäilmiö näyttää liittyvän useammin etenkin tutkimusalueen korkeilla maastokohdilla primäärisiin, puustosta riippumattomiin kasvupaikkatekijöihin. Tällöin mahdollisuudet vaikuttaa lumipeitteeseen harvennushakkuin tai puulajivalinnalla ovat rajalliset.

Keywords: Snowmelt, forest, remote sensing
ODC 111.784 + 116.1

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, 96300 Rovaniemi, Finland. Phone: +358 60 15 721.

Using aerial photographs and ground observation, the study determined the relative snow coverage in a forested area of some 6000 hectares in May of 1982, when nearly one half of the area was free of snow. The compartmental snow coverage data was combined with corresponding data on terrain and stand compartments using a system of observation points arrived at through unaligned systematic random sampling. The latter data were gathered from topographical maps and forest inventory documents. There were 595 observation points in all.

The results indicate that the compartments having the largest snow coverage values exhibited the following features:

- site type was damp, or subdry mineral soil site or spruce mire,
- area often hill tops covered by stunted trees,
- terrain sloping slightly to the north, north-east or east,
- an east-west direction,
- the growing stock greater as to size and quantity than in compartments with a smaller snow coverage,
- lower productive capacity owing to other factors, e.g. thick humus layer,
- a large proportion of spruce in the species composition,
- silvicultural condition often unsatisfactory or underproductive.

From the managemental standpoint knowledge and delineation of the pattern of snowcover is useful when determining whether ablation is connected with site factors which adversely affect the growth conditions of the trees (site indicator) or whether it is a characteristic brought about by the growing stock. In the study area the retention of snow seems to be connected more with primary site factors independent of the growing stock than in southern Finland, which limits the possibilities for snow control by selective cutting or species selection.

ISBN 951-40-0783-2
ISSN 0015-5543

Helsinki 1987. Valtion painatuskeskus

Ritari, A.

1. JOHDANTO

Keväisten hankien sulamista tarkkaillut on havainnut, että erilaisista paikoista metsässä lumi sulaa eri aikoihin. Tutkimusmielessä ilmiöön on myös kiinnitetty huomiota, joskin Yli-Vakkuri (1960a) toteaa tarkkaan kenttähavainnointiin perustuvassa työssään, että tutkijoiden työskentelytottumusten takia monet talviaikaiset tapahtumat jäävät havainnontekijää vaille. Lisäksi hän jatkaa, että lumi- ja routasuhteet ovat sellaisia ekologisia tekijöitä, joiden laadusta ja metsiköittäisestä vaihtelusta täytyy olla selvillä, jotta metsiköitä voitaisiin puiden eri kehitysvaiheissa oikein hoitaa. Ensisijaisia hoitotoimenpiteitä ovat harvennushakkuut ja puulajivalinta.

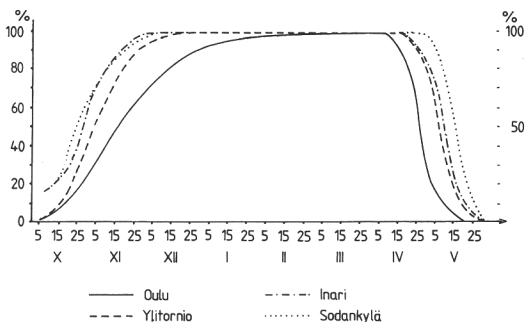
Lumisuojan muodostuminen ja häviäminen vaikuttavat maan lämpötiloihin ja rouhtaantumiseen, joilla on etenkin Pohjois-Suomen lyhyen kasvukauden oloissa tärkeä merkitys (Keränen 1936, Sarvas 1966, Kubin & Poikolainen 1982). Pohjois-Suomessa lumen sulamisen kuluva aika on Ilmatieteen laitoksen havaintojen perusteella noin kuukausi aukeilla mailla, mantereisissa osissa aika jää vielä tätä lyhyemmäksi (kuva 1). Metsissä lumi sulaa 1-2 viikkoa myöhemmin (Solantie 1974).

Ns. lumenviipymäilmiön merkitystä arvioitaessa on tärkeä huomata, että lumipeitteen suojaava vaikutus ulottuu Pohjois-Suomessa pitempään kuin pelkästään kasvukauden pi-

tuuden perusteella on arvioitavissa. Tämä johtuu sekä lumipeitteen nopeasta muodostumisesta syksyllä että nopeasta sulamisesta keväällä. Varsinaisia lumenviipymäpaikkoja, joissa kasvukausi on lumipeitteen vuoksi huomattavasti lyhentynyt, tavataan Suomessa kuitenkin vain pohjoisimmilla tunturi-alueilla. Kasvupaikkoina ne ovat mereisiä verrattuina lumesta aikaisin paljastuviin tuulenpieksemiin, joiden kasvupaikkailmastoa voidaan luonnehtia mantereiseksi (Eurola 1978).

Lumisuojan positiivinen vaikutus liittyy talvella lumettomia paikkoja korkeampiin lämpötiloihin lumen sisässä ja maassa, eräissä tapauksissa kasvien alentuneeseen pakaskuivumisriskiin ja tuulen mekaanisten vaurioiden ehkäisyyn. Yleisen käsityksen mukaan lumenviipymäpaikat ovat kuitenkin kasvupaikkoina epäedullisia mm. maaperän kylmyyden ja sen seurauksena ravinteiden huonon saatavuuden vuoksi (Tranquillini 1979, Odin 1984). Maaston notkelmissa sijaitsevilla lumenviipymäpaikoissa on olemassa jääpoltteen aiheuttama vaara kasvillisuudelle (Eiche 1966). Puuntaimien kannalta lumisuoja voi olla haitallinen eräiden talvituhosientien kasvuedellytysten parantuaessa (Eurola 1978).

Sytä eroihin lumipeiteajan pituudessa, lumen paksuudessa sekä keväisen lumensulamivaiheen kulussa eri paikoilla voidaan pitää tapauskohtaisesti joko primääriiseen kasvupaikkaan liittyvinä ominaisuuksina, 'kasvupaikkatekijöinä', tai metsikön omina puuston kehitysvaiheen tai laadun aikaansaamina ominaispiirteinä. Puustosta riippumattomia tekijöitä ovat mm. paikan maantieteellinen sijainti, korkeusasema, kaltevuussuunta ja maaperän laatu. Siitä, mikä vaikutus puustosta riippumattomilla tekijöillä ja toisaalta metsikkökuvioihin liittyvillä puustotunnuksilla on metsäalueen lumensulamistai viipymäilmiöön Pohjois-Suomessa, on olemassa vain niukasti tietoa, joskin voidaan olettaa, että esim. Yli-Vakkurin (1960a) havainnot pätevät monilta osin myös Pohjois-Suomessa. Kuitenkin juuri talviset olosuhteet, maaston muodot ja metsiköiden rakenne poikkeavat täällä Etelä-Suomen vastaavista.



Kuva 1. Lumipeitteen esiintymisen todennäköisyys (%) eräillä aukeilla mailla Pohjois-Suomessa Ilmatieteen laitoksen vuosina 1911–60 tekemien havaintojen mukaan (Solantie 1974).

Figure 1. Probability of the presence of snowcover in some open fields in northern Finland according to observations by the Finnish Meteorological Institute in the years 1911–60 (Solantie 1974).

Lumen esiintyminen on periaatteessa helppo todeta lumen ympäristöstä poikkeavien heijastusominaisuuksien takia. Ilmakuva- ja muun kaukokartoitustekniikan käyttömahdollisuuksien parantumisen ansiosta on tullut mahdolliseksi kerätä samanaikainen ja edustava aineisto maaston lumipeitteestä kohtuullisin kustannuksin (Kilpelä ym. 1978, Dey & Richards 1981). Ongelmana on lähinnä sopivan kaukokartoitustekniikan valinta, mikä on sidoksissa haluttuun mittakaavaan.

Lumihavainnointia on tehty mm. sääsatelliittien ja mikroalotutkien avulla (Tiuri 1978, Foster ym. 1980, Haefner 1980, Matson & Weisnet 1981, Lillesand ym. 1982). Myös amerikkalaisen Landsat-tekokuun monikanava-aineistoja on käytetty lumipeitteisten alueiden kartoituksessa, mutta toistaiseksi maastoelementin koko ja sijaintitarkkuus, pilvi- (etenkin pohjoisilla leveysasteilla) sekä 18-päivän välein toistuva havainnointi on rajannut menetelmän käytön etupäässä hydrologisiin sovellutuksiin (Rango & Martinec 1979, Hoffer 1980, Gudmandsen 1980, Kuittinen ym. 1985). Uudet, aikaisempia pienempiä maastoelementtejä kuvaavat satelliittiparantanevat aikaa myöten satelliittikuvien käyttömahdollisuuksia lumitutkimuksissa. Keilainaineistoja hyödynnetään joko tiet-

tyyn aallonpituuskanavaan tai kanavayhdistelmään liittyvien 'digitaalikuvien' visuaalisen tulkinnan avulla tai digitaalisen aineiston tietokoneavusteisella kuvatulkinnalla. Viime-mainittu käsittelytapa on kuitenkin teknisesti vaativaa ja kallista soveltuen parhaiten jatkuvatyyppisiin seurantatutkimuksiin (Haefner 1980, Kuittinen ym. 1985).

Käsillä olevan työn tarkoituksena oli saada lisätietoa lumensulamisen alueellisesta vaihtelusta pohjoissuomalaisessa vaaramaastossa ja erityisesti siitä, miten lumenviipymäilmiö eli eräillä paikoilla tavattava myöhäinen lumipeite liittyy metsikkökuvioiden puusto- ja kasvupaikkatunnuksiin. Työn esivaiheena tarkasteltiin kaukokartoitustekniikan eri vaihtoehtoja lumisuuskuvioiden rajaamiseksi.

Tutkimus kuuluu osana Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusasemalla käynnissä olevaan yhteistutkimushankkeeseen 'Lumenviipymäalueet — metsänhoidonongelma-alueet Pohjois-Suomessa'. Aineisto kerättiin Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon tutkimusalueelta Rovaniemen maalaiskunnassa. Ilmakuvatulkinnassa avusti fil.yo. Anneli Varanka, metsikkötietojen hankinnassa metsätalousteknikko Pekka Välikangas sekä laskenta- ja piirustustyössä tutkimusapulaiset Kimmo Melamies ja Vesa Nivala. Käsikirjoituksen lukivat hyödyllisiä parannusehdotuksia tehden prof. Eino Mälkönen ja Juhani Päivänen sekä MML Erkki Ahti.

Esitän parhaat kiitokset kaikille tutkimuksen suorittamiseen myötävaikuttaneille.

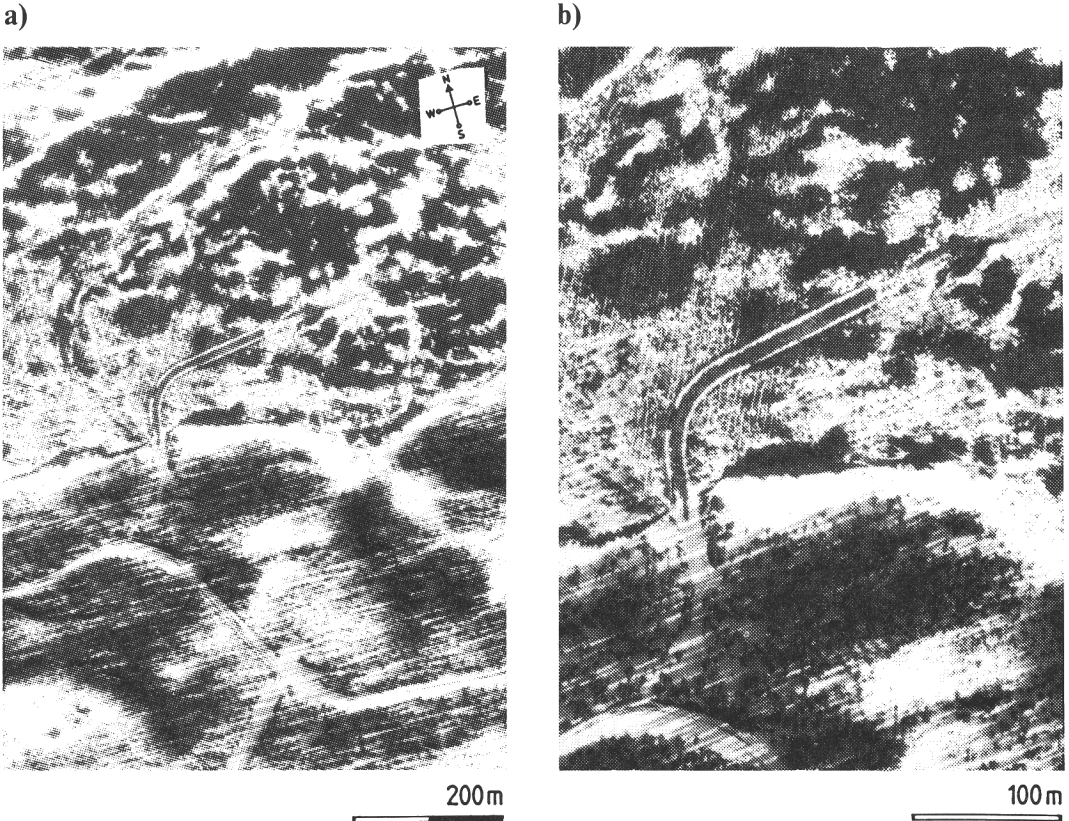
2. MENETELMÄT JA AINEISTO

Ilmakuvaus tehtiin 15.5.1982 Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon tutkimusalueella, joka sijaitsee n. 50 km Rovaniemen kaupungista kaakkoon (66° 23'N, 26° 37'E). Kuvaus tapahtui 135 mm:n polttovälisellä objektiivilla 5200 m:n (mittakaava 1 : 10 000) ja 3000 m:n (mittakaava 1 : 5 000) korkeudesta pankromaattiselle mustavalkofilmille. Lentojonot kulkivat etelästä pohjoiseen Kaihuanvaaran alueella ja idästä länteen Kumpukivailoiden puolella. Jonojen asettamisessa pyrittiin siihen, että kuvamateriaali käsittäisi monipuolisesti korkeusasemaltaan ja kaltevuussuunnaltaan erilaisia vaarantiteitä. Kuvausajankohta valittiin niin, että suurin osa alavasta maastosta oli jo lumesta vapaata, jolloin lumenviipymäalueet saatiin erottumaan parhaiten ympäristöstään (kuva 2). Ilmakuvausten kanssa suoritettiin samanaikaisesti maastotarkastuksia ja valokuvausta maasta. Näitä tietoja käytettiin myöhemmin apuna ilmakuvien tulkinnaissa.

Koealue kuuluu Kivaloiden vaarajonoon ylimmän kohdan, Kaihuanvaaran laen, ulottuessa 350 m:n korkeudelle merenpinnasta alimpien kohtien sijaitessa Ke-

mijoen rannalla n. 110 m korkeudella. Pohjoismaiden luonnonmaantieteellisen jaottelun mukaan ko. regiota kutsutaan Norrlannin aaltoilevaksi mäki- ja vaaramaastoksi keskiboraalisine metsäalueineen (Kalliola 1979). Taulukossa I on esitetty Kivalon tutkimusalueen kasvupaikkajakauma sekä jäljempänä kuvatun otannan perusteella laskettu havaintojakauma tutkittavalle osaluueelle, joka kattoi vajaa puolet tutkimusalueen pinta-alasta.

Inventointitietojen mukaan yleisin kasvupaikkatyyppi tutkimusalueella on tuore kangas, jota vastaava metsätyyppi Peräpohjolan metsäkasvillisuusvyöhykkeessä on seinäsammal-mustikkatyyppi eli HMT (Lehto 1978). Kuivahkon kankaan (variksenmarja-puolukkatyyppi, variksenmarja-mustikkatyyppi) sekä turvemaan (pääasiassa korpia ja rämeitä) osuus tutkimusalueen kokonaispinta-alasta on myös huomattava. Alavilla paikoilla sijaitsevina nämä kasvupaikkatyyppit eivät tulleet ilmakuvattuun alueeseen mukaan pinta-alaosuuttaan vastaavasti, ja aineisto edustaa siten etupäässä tuoreiden kankaiden rinnemetsiä.



Kuva 2. Lumitilanne Kemijoen eteläpuolella sijaitsevalle Hyypiökivalon alueella 15.5.1982. Kuvan a) mittakaava on 1:10000, kuvan b) mittakaava 1:5000.
 Figure 2. The snow conditions in the Hyypiökivalo region on the southern side of the Kemijoki River on 15 May 1982. The scale in Photo a is 1:10 000, in Photo b 1:5000.

Taulukko 1. Tutkimusalueen¹⁾ ja otoksen²⁾ kasvupaikkajakauma
 Table 1. Site type distribution for the Kivalo experimental area¹⁾ and for the sample²⁾

Kasvupaikka Site	Pinta-ala, ha ¹⁾ Area, ha	Havainnot, kpl ²⁾ No. observations
Lehtomainen kangas Rich site	97	6
Tuore kangas Damp site	4697	377
Kuivahko kangas Sub-dry site	3127	35
Kallio Rocky site	499	73
Korpi Spruce mire	1750	66
Räme Pine mire	2796	17
Neva Treeless mire	608	16
Muu Other	209	5
Yhteensä	13783	595

Kuvamateriaalia tarkasteltaessa todettiin 1 : 10 000 mittakaavaisten kuvien soveltuvan lumenviipymäilmiön tutkimiseen lähes 6 000 ha alueella. Tulkittava alue koostui tällöin oikaisemattomista stereopareista, joiden pituuspeitto oli n. 60 % ja sivupeitto n. 30 %. Stereoparien tarkastelussa käytettiin peilistereoskooppia. Mittakaavaltaan 1 : 5 000 ilmakuvia, joita oli suppeammalta alueelta, käytettiin apuna eräissä tulkintakohteissa. Ilmakuville rajattiin lumen peittävyuden perusteella lumisuuskuviot seuraavasti:

Luokka	Lumen peittävyys, %
1/6	0 — 5
2/6	6 — 25
3/6	26 — 50
4/6	51 — 75
5/6	76 — 95
6/6	96 — 100

Lisäksi kirjattiin lumipeitteen yhtenäisyys tai laikkuisuus sekä kuvioiden jatkumissuunta. Tarkastelu tapahtui mittakaavassa 100 - 1 000 m (mesoskaala).

Metsikkökuvioihin liittyvät tunnuksat saatiin tutkimusalueen metsätaloustarkastuksen (1982) asiakirjoista (tunnuksista ja niiden luokituksesta ks. Hoitoaluekoh-taisen... 1983). Rajoitettua satunnaisotantaa käyttäen 1 : 10 000 mittakaavaisen metsätaloustalokartan päälle asetet-

tiin ruudusto (ruudun koko 10 ha), jonka systemaattisesti sijaitsevaan pisteistöön (25 kpl/ruutu) arvottiin koepisteet (1 kpl/ruutu). Näin menetellen voitiin yhdistää satunnaisotannan edustavuus ja systemaattisen otannan alueellinen peittävyys mahdollisimman tehokkaasti (Townshend 1981). Lumisuuskuviotietojen ja metsikkökuviotietojen yhdistämisessä käytettiin em. koepisteitä, joita kaikkiaan oli 595 kpl. Tämän havaintomäärän arvioitiin riittävän selvimpinä esiintyvien ilmiöiden tarkasteluun. Koepisteistö siirrettiin muovikalvon avulla edelleen topografikartalle ja muodostettavaan tiedostoon liitettiin korkeus merenpinnasta sekä tieto kaltevuusasteesta ja -suunnasta pisteen läheisyydessä. Menetelmä ei edellytä eri perusteella määritettyjen kuvioiden rajojen yhtymistä, mutta otostiheyden

määrittäminen on ongelmallista esim. tapauksessa, jolloin metsikkökuvion koko poikkeaa huomattavasti lumisuuskuvion koosta. Kuvioiden homogeenisuustaso voi myös vaihdella etenkin muiden kuin kuvion rajajamissa käytettyjen tunnusten suhteen (Poso 1983).

Tulokset järjestettiin tarkastelua varten kaksisuuntaisiin frekvenssitauluihin lumisuusluokittain. Selkeyden vuoksi luokat 1/6 ja 2/6, 3/6 ja 4/6 sekä 5/6 ja 6/6 yhdistettiin kolmeksi luokaksi kuvia piirrettäessä ja tuloksia esitettäessä (luokat 1, 2 ja 3). Eräiden muuttujien osalta (ordinaali- ja suhteasteikolliset muuttujat) riippuvuuksia tarkasteltiin myös järjestyskorrelaatiokerrotoimen (Spearman) avulla. Puulajiosuuskien keskiarvoja vertailtiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (Mattila 1967).

3. TULOKSET

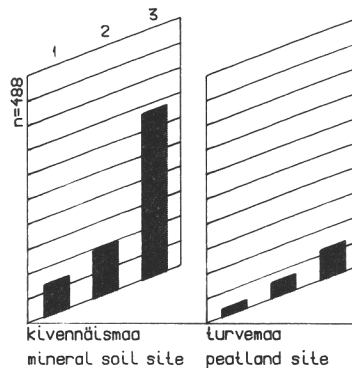
Valtaosa havaintopisteistä (448/595) sijaitsi kivennäismaalla (kuva 3). Havainnoista 67 % oli lumen peittävyysluokassa 76 — 100 % (luokka 3). Turvemaalla lumen peittävyys oli suhteellisesti useammin alle 75 % (luokat 1 ja 2). Tarkasteluajankohtana lumen esiintyminen oli usein laikuttaista, mikä johtui etenkin aukeilla paikoilla maaston mikrotopografian vaihtelusta.

Kasvupaikkojen suhteen havainnot painottuivat tuoreille kankaille (377/595), kuten taulukosta 1 voitiin todeta. Havaintojen vähyyden vuoksi tulokset on kuvassa 4 esitetty ainoastaan yhdistettyjen luokkien korpi, räme ja neva osalta.

Tulosten mukaan useimmissa havaintopisteissä kangasmaalla ja korvissa lumen peittävyys oli vielä yli 75 %. Rämeillä ja nevoilla lumen sulaminen oli todennäköisesti vähemmän puuston ansiosta hiukan pitemmällä. Lakimailla lumipeite oli tyypillisesti yli 75 %. Paikan korkeusaseman ja lumen peittävyysluokan välillä oli selvä positiivinen riippuvuus ($r = 0,40^{***}$).

Maan laatua kuvaavien lisämääreiden perusteella normaalituottoisista metsäkuvioista suunnilleen puolessa lumen peittävyys oli yli 75 % (kuva 5). Tuotosta alentavia tekijöitä (veroluokkaa alentava vaikutus) omaavilla metsäkuvioilla lumisuusluokka oli suhteellisesti tarkastellen normaalituottoisia kuvioita selvästi korkeampi. Varmimmin asia voidaan todeta kuntaisten kuvioiden osalta, joista havaintomäärä oli suurin (73 % havainnoista luokassa 3).

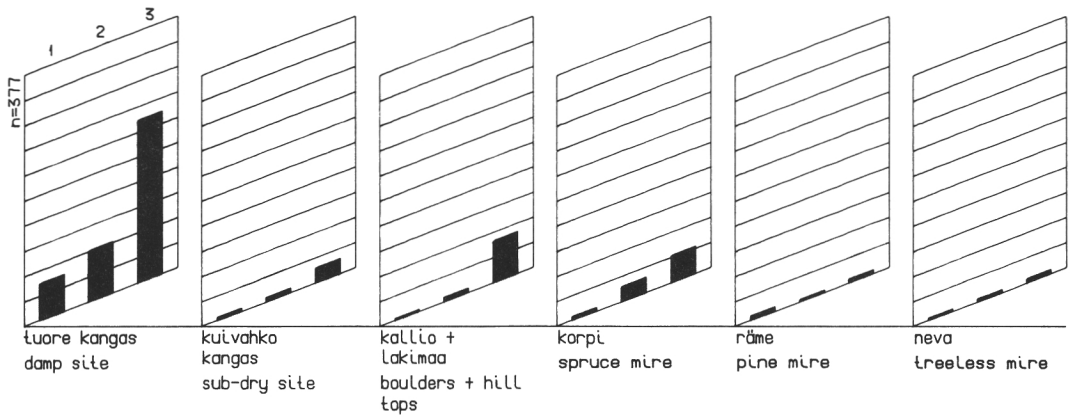
Rinteen kaltevuussuunnan suhteen havainnot jakautuivat tasaisesti. Lumisuusluokka 3 esiintyi muihin ilmansuuntiin verrattuna useammin pohjois-, koillis- ja itärinteillä (kuva 6). Koko aineiston perusteella lasketuna (595 havaintoa) rinteen kaltevuusasteen ja lumen peittävyysluokan välillä oli selvä negatiivinen korrelaatio ($r = -0,43^{***}$), toisin sanoen kaltevuuden lisääntyessä lumen peittävyys väheni. Tulos selittynee ainakin osaksi aineistossa mukana olleiden päivänpuoleisten rinteiden lukumäärällä (auringon



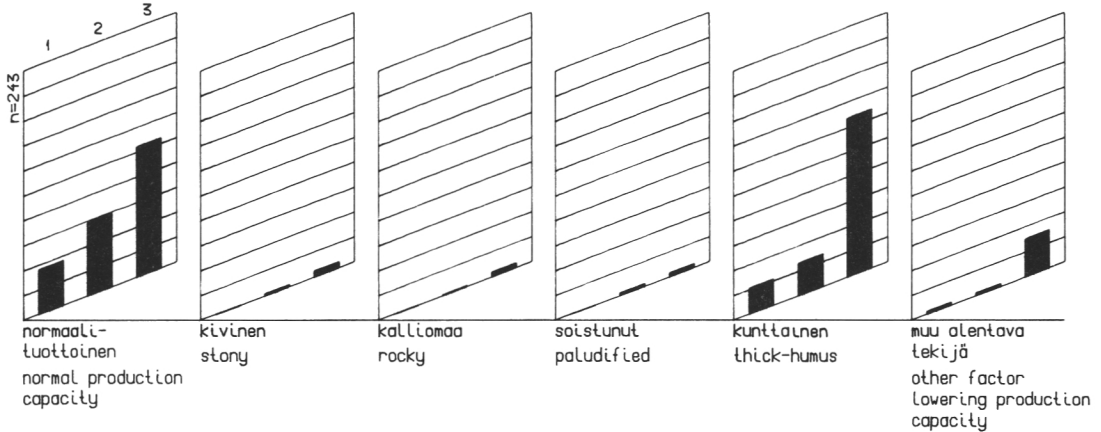
Kuva 3. Havaintojen painottuminen lumisuusluokkiin maalajin mukaan. Yksi havainto edustaa 10 ha pinta-alaa.

Figure 3. Distribution of the observations in snowcover classes according to soil type. One observation represents an area of 10 ha.

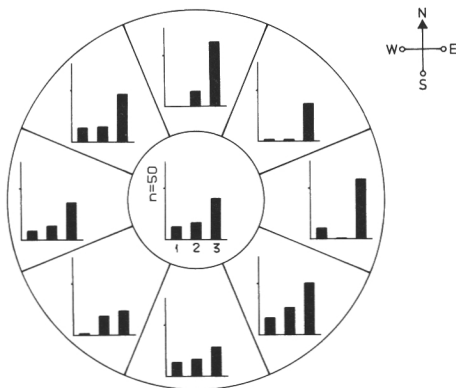
Lumisuusluokat — Snowcover classes:
 1 = lumen peittävyys — snowcover 0–25 %
 2 = lumen peittävyys — snowcover 26–75 %
 3 = lumen peittävyys — snowcover 76–100 %



Kuva 4. Havaintojen painottuminen lumisuusluokkiin erilaisilla kasvupaikoilla. Lumisuusluokat kuten kuvassa 3.
 Figure 4. Distribution of the observations in snowcover classes on different sites. Snowcover classes as in Fig. 3.



Kuva 5. Havaintojen painottuminen lumisuusluokkiin maan laatua kuvaavien lisämääreiden mukaan. Lumisuusluokat kuten kuvassa 3.
 Figure 5. Distribution of observations in snowcover classes according to additional factors lowering the productive capacity of the site. Snowcover classes as in Fig. 3.



Kuva 6. Rinteen kaltevuussuunnan vaikutus lumen peittävyys. Kuvion keskellä olevat pylväät osoittavat tilannetta tasaisella määritellyillä kuviolla. Lumisuusluokat kuten kuvassa 3.

Figure 6. Effect of the slope exposition on snow coverage. The bars in the center of the figure indicate the snow conditions on flat terrain. Snowcover classes as in Fig. 3.

tulosäteily voimakasta nimenomaan päivällä ja se lisääntyy säteilyn tulokulman kasvaessa) ja topografisilla tekijöillä (varjostus). Käytetäessä luokitteluasteikkoja, kalteva, kovera, kupera ja tasainen lumisimmat kuviot painottuivat kalteville ja kuperille pinoille. Maaston pienialaiset painanteet (koverat pinnanmuodot) eivät tulleet käytetyn tarkastelumittakaavan vuoksi tilastoaineistossa erityisesti esiin, vaikka ne usein edustavat tyyppisiä lumenviipymäpaikkoja (kuva 7).

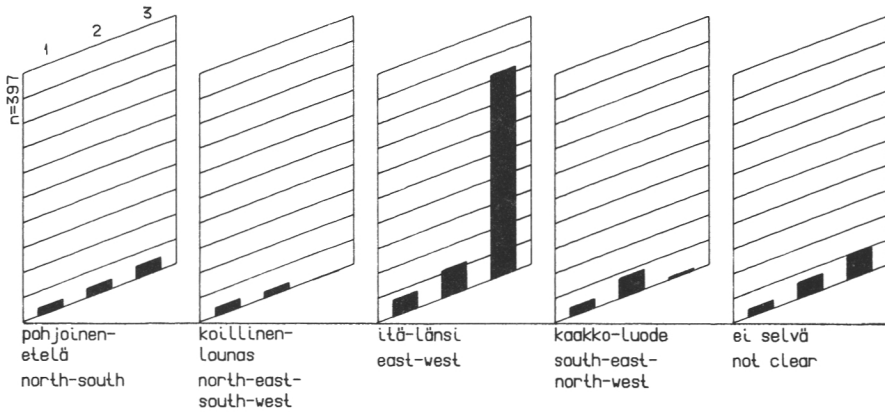
Itä-länsisuunnassa jatkuvilla lumisuuskuvioilla lumen peittävyys oli selvästi suurempi kuin muun suuntaisilla kuvioilla. Tämä johtui ilmeisesti maaston ja puuston varjostuksesta ja lumisten kuvioiden keskittymisestä vaarojen pohjoisrinteille (kuva 8, vrt. kuva 6).

Lumen peittävyys kasvoi puuston pituuden, pohjapinta-alan, tilavuuden ja iän kas-



Kuva 7. Painanteisiin kerääntyneen tuiskulumen sulamiseen tarvitaan viereisiä alueita enemmän auringon energiaa.

Figure 7. More solar energy is needed to melt drifted snow in depressions than in surrounding areas.



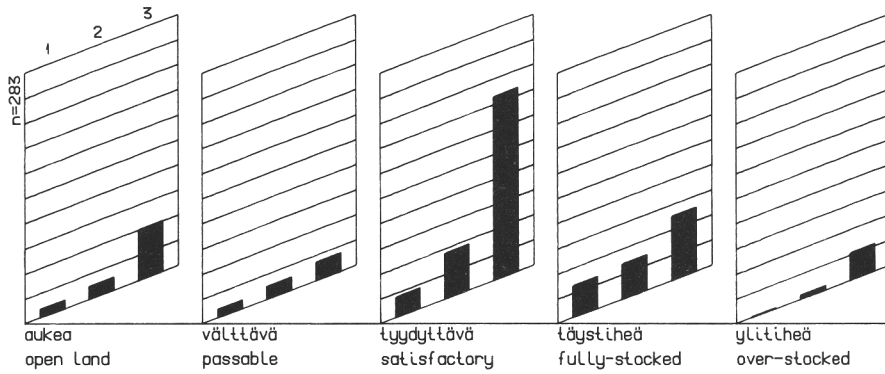
Kuva 8. Havaintojen painottuminen lumisuusluokkiin lumisuuskuvion jatkumissuunnan perusteella. Lumisuusluokat kuten kuvassa 3.

Figure 8. Distribution of the observations in snowcover classes according to the direction of the snow compartment. Snowcover classes as in Fig. 3.

vaassa. Korrelaatiokertoimet lumisuusluokan ja puustotunnusten välillä olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä (r (pituus) = 0,40***, r (pohjapinta-ala) = 0,34***, r (tilavuus) = 0,33***, r (ikä) = 0,50***). Mainitut puustotunnukset heijastavat puuston koon ja määrän vaikutusta lumipeitteeseen. Lumen peittävyden ja puuston tiheyden välinen korrelaatio jäi aineistossa heikoksi ($r = -0,08$). Tulosta selittää se, että käytetty puuston tiheysluokitus ei ole kokonaisuutena järjestysastei-

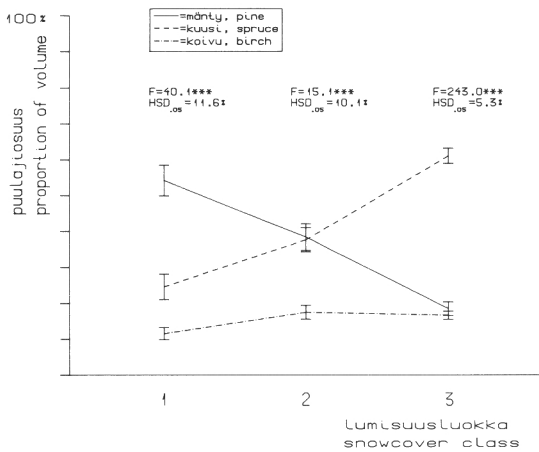
kollinen eikä perustu suoranaisesti latvuston peittävyuden määrittämiseen, vaan on sidoksissa puuston kehitysluokkaan ja metsänhoidolliseen tilaan. Tiheydeltään tyydyttäväksi ja ylitiheiksi luokitelluissa metsiköissä havainnot painoutuivat muita tiheysluokkia voimakkaammin lumisuusluokkaan 3 (kuva 9).

Puulajien erilaisuus suhteessa lumen peittävyteen tuli selvästi esiin tarkasteltaessa prosentuaalisia puulajiosuuksia eri lumisuusluokissa (kuva 10).



Kuva 9. Havaintojen painottuminen lumisuusluokkiin puuston tiheyden mukaan. Alkuperäiset tiheysluokat 1-6 on yhdistetty luokkaan 'välttävä'. Lumisuusluokat kuten kuvassa 3.

Figure 9. Distribution of the observations in snowcover classes according to the density of the growing stock. The original density classes 1-6 have been combined into the single class 'fair'. Snowcover classes as in Fig. 3.



Kuva 10. Männyn, kuusen ja koivun osuudet eri lumisuusluokissa. Luokat kuten kuvassa 3.

Figure 10. The relative proportion of pine, spruce and birch in the different snowcover classes. Classes as in Fig. 3.

Kuviot, joissa männyn osuus oli suuri, painottuivat lumisuusluokkiin 1 ja 2. Vastavasti kuusen puulajiosuus oli suurin luokissa 2 ja 3. Talviaikaan lehdettömänä olevan koivun kasvupaikoilta lumi näyttäisi sulavan nopeammin kuin kuusen kasvupaikoilta. Tai, jos pidetään primäärisenä tekijänä lumen hidasta sulamista, kuusi viihtyy lumenviipymäalueilla koivua ja mäntyä paremmin (kuvat 11 ja 12).

Kehitysluokaltaan nuoriksi ja varttuneiksi kasvatusmetsiksi sekä uudistuskypsiiksi metsiksi määritellyissä kuvioissa havainnot painottuivat suuren lumen peittävyysarvon



Kuva 11. Vaaran rinteellä sijaitsevassa kuusikossa (korkeus 260 m mpy.) lumipeite on puiden tyviä lukuunottamatta vielä yhtenäinen.

Figure 11. The snowcover in a stand of spruce on the slope of a wooded hill (260 metres above sea level) is still uniform with the exception of the area around the tree butts.

omaaviin luokkiin (kuva 13). Korostuneimmin tämä tuli kuitenkin esiin vajaatuottoisten kuvioiden kohdalla. Tällöin kysymyksessä ovat usein korkealla kasvavat yli-ikäiset kuusikkoalueet (vrt. puulajin ja maaston korkeuden vaikutukset). Aukeilla ja taimikoissa lumen sulaminen oli nopeampaa kuin muiden kehitysluokkien metsäkoissa.

Metsänhoidollisen tilan suhteen epätydyttävillä ja vajaatuottoisilla kuvioilla lumen peittävyys oli useimmiten vielä yli 75 %. Hyviksi ja tyydyttäväksi luokitelluilla kuvioilla lumen peittävyysarvo sen sijaan oli selvästi useammin alle 75 % (kuva 14, vrt. kuva 13).

a)

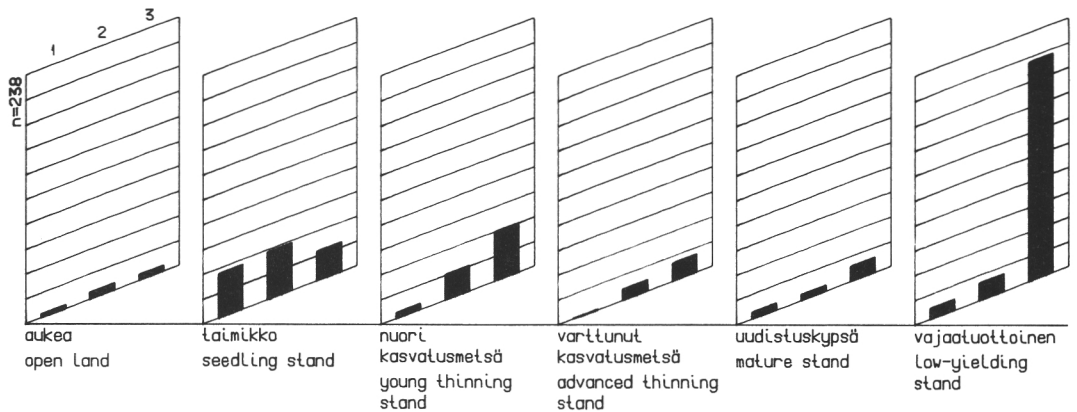


b)



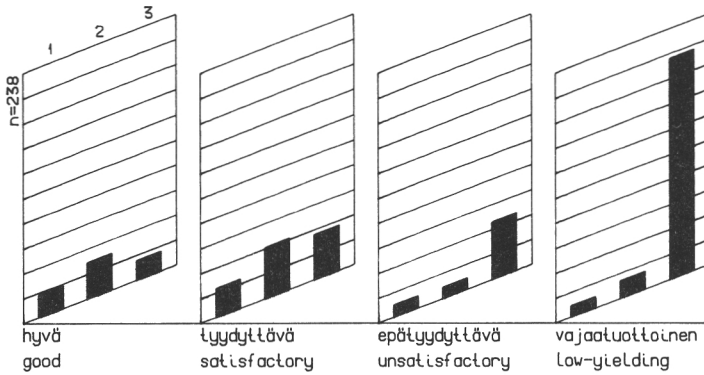
Kuva 12. Koivu-kuusisekametsästä (kuva a) ja nuoresta männiköstä (kuva b) lumi sulaa puhdasta kuusikkoa nopeammin.

Figure 12. In a mixed birch-spruce forest (Fig. a) and a young stand of pine (Fig. b) snow melts faster than in a stand consisting exclusively of spruce.



Kuva 13. Havaintojen painottuminen lumisuusluokkiin eri kehitysluokan metsiköissä. Lumisuusluokat kuten kuvassa 3.

Figure 13. Distribution of the observations in snowcover classes in stands of different development classes. Snowcover classes as in Fig. 3.



Kuva 14. Havaintojen painottuminen lumisuusluokkiin metsiköiden metsänhoidollisen tilan suhteen. Lumisuusluokat kuten kuvassa 3.

Figure 14. Distribution of the observations in snowcover classes according to the sylvicultural condition of the stands. Snowcover classes as in Fig. 3.

4. TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimus lähti siitä yleisestä havainnosta, että kevään lumensulamisen nopeudessa metsäalueella esiintyy paikkaan sidoksissa olevia eroja, jotka toistuvat suunnilleen samanlaisina eri vuosina. Lumipeitteen voi tällöin ajatella heijastavan kasvupaikkaolojen vaihtelua. Puiden kasvaessa ja metsää käsiteltäessä muuttuvat myös eräät maanpinnan energiataseeseen ja lumen jakaantumiseen vaikuttavat tekijät (Fitzgibbon & Dunne 1980, Adams & Roulet 1982). Kuusiston (1984) mukaan turbulenssi-ilmiöön liittyvän vaihtolämmön osuus on aukealla selvästi suurempi kuin metsässä, missä lumen sulaminen riippuu lähinnä nettosäteilyn määrästä. Yksittäiset puut luovuttavat absorboimaansa auringsäteilyä takaisin ympäristöön, mikä Seppänen (1961) mukaan näkyy lumipeitteen ohenemisena voimakkaimmin 1–3 metrin etäisyydellä rungon lounaispuolella. Tuuli- ja säteilyolojen erilaisuuden vuoksi lumi sulaa metsästä myöhemmin kuin aukealta. Vileänä ja aurinkoisena keväänä lumen sulamisero aukean ja metsän välillä on suurimmillaan (Seppänen 1961). Näin ollen tarkan kuvan muodostaminen lumensulamistapahtumaan vaikuttavista tekijöistä tarvitsee tuekseen havaintoja usean vuoden ajalta. Tässä tutkimuksessa päätettiin kuitenkin rajautua vain yhden vuosiaineiston tarkasteluun.

Ilmakuvilta tulkittujen lumisuuskuviotietojen ja karttapohjaisten metsikkökuviotietojen yhdistäminen paikkakoordinaateilla otantapisteissä antoi useimmista tutkituista riippuvuuksista tulkintakelpoisen kuvan lumisuuskuvion keskimääräisen koon ollessa 39 ha ja metsikkökuvion vastaavasti 17 ha (vrt. Adams & Barr 1979, Häme & Saukkola 1982). Keskiarvoihin vaikuttivat voimakkaasti muutamat suuret kuviot. Käytetyn mittakaavan vuoksi eräät lumenviipymäalueet kuten pienialaiset lumiset maaston painanteet tai kuvion sisällä esiintyvä mikrotason vaihtelu lumipeitteessä eivät tulleet tarkastelussa esiin.

Kasvupaikkatyyppien suhteen todettiin lumen peittävyuden olevan tuoreiden ja kuivahkojen kankaiden metsikkökuvioilla useimmiten vielä yli 75 %. Korvissa, joita suokuvioista oli eniten mukana, lumen sulaminen oli myös hidasta. Kivennäis- ja turvemaiden välisistä lumisuuseroista ei kerätty aineisto anna selvää kuvaa, koska havainnot painotuivat kivennäismaille. Yleisesti voidaan todeta, että aineiston luokittelu lisää tulosten yksityiskohtaisuutta, mutta jos havaintoja ei ole riittävästi, päätelmien luotettavuus vähenee. Kysymyksenasettelu vaatisi tuekseen myös muiden lumipeitteeseen vaikuttavien tekijöiden samanaikaisen tarkastelun.

Erot lumen sulamisnopeudessa erilaisilla kasvupaikoilla liittyvät ilmasto- ja maaperätekijöiden ohella puulajin vaikutukseen. Yli-Vakkurin (1961) mukaan kuusi aiheuttaa varhaista pälvisyyttä, mutta maan lopullinen vapautuminen lumesta on kuusikoissa hidasta. Varhaisten pälvien syntysijoja ovat maaston pienet kohoumat: mänttät, kannot, kivet, risukasat sekä puiden tyvet. Korkealla sijaitseva pohjavesi jouduttaa roudan sulamista (Soveri & Varjo 1977) ja vaikuttaa ennen pitkää myös lumen sulamiseen altapäin. Eurlan (1975) mukaan nevojen rimpipaikoista routa sulii keväällä aikaisemmin kuin rahkasammalten peittämillä jänteillä. Em. mikrota-son tekijöiden vaikutus laajemman alueen lumipeitteeseen riippuu niiden edustamasta pinta-alaosuudesta.

Lumen peittävyys lisääntyi korkeusaseman kasvaessa. Vaarojen rinteillä yleiseen tykkyilmioon, joka aikaansaa pahaa tuhoa sekä kuusikoissa että männikoissä, on jo aikaisin kiinnitetty huomiota (Cajander 1916, Heikinheimo 1920). Samat ilmastolliset tekijät, joiden ansiosta tykynmuodostusta tapahtuu, lisäävät myös maassa olevaa lumipeitettä.

Tuuliolot sekä maaston ja kasvillisuuden esteet vaikuttavat tuiskulumen kinostumiseen ja niinmuodoin keväällä lumensulamiseen kuluvaan aikaan (Valmari 1969, Kuusisto 1984). Kun lumen peittävyys väheni kaltevuusasteen kasvaessa, kyse lienee säteilyolojen ohella siitä, että jyrkillä rinteillä tuuli kuljettaa lunta ylhäältä alaspäin. Solantien (1974) mukaan avointen tunturien lailla, joilla tuulen nopeus on suurin, lumen syvyys on usein pieni, koska tuuli piiskaa lumen tiiviiksi ja kuljettaa sitä kuruihin, joissa lumen syvyys saattaa nousta useihin metreihin. Kivalon alueella puusto, joskin harva, ulottuu vaarojen laelle saakka, joten tilanne on tässä suhteessa erilainen varsinaisiin tunturialueisiin verrattuna, sillä jo vähäinen puusto vaimentaa voimakkaasti tuulen nopeutta metsän alakerroksissa (Odin 1978). Tuulen vaikutuksesta puiden ympärille lumeen muodostuu kuitenkin painanteita, ja lumen syvyys oli esim. Seppäsen (1961) tutkimuksessa n. 15 % pienempi tuulen alapuolella viiden metrin päässä männyn rungosta. Puiden erilaisen geometrian vaikutusta ilmavirrassa olevien hiukkasten laskeutumiseen on selvitetty viime aikoina tuulitunnelikokeilla (esim. Ruck & Schmitt 1986). Metsässä esiintyviin pienialaisiin aukkoihin ja kapeisiin hakkuukais-toihin on todettu kerääntyvän lunta puus-

toista metsää runsaammin (Heikinheimo 1920, Päivänen 1974, Golding & Swanson 1978, Gary 1979).

Kunttaisilla kuvioilla lumen peittävyys oli selvästi suurempi kuin normaalituottoisilla kuvioilla. Kun kuntasuutta esiintyy useimmiten kuusikoissa, syy lumen hitaaseen sulamiseen voi olla sekä primäärisissä kasvupaikkaoloissa että puuston vaikutuksessa (esim. Sirén 1955). Kivisyyden, kallioisuuden tai soistuneisuuden vaikutus lumipeitteeseen ilmeni samansuuntaisena kuin kunttaisilla kuvioilla. Yhteinen piirre ko. kuvioille oli usein sijainti vaaran yläosassa, jossa lumen sulamista kontrolloi ensisijaisesti suurilmasto ja toissijaisesti puusto.

Tulosten mukaan pohjois-, koillis- ja itärinteet olivat muita ilmansuuntia lumisempia. Ilmiö selittynee suureksi osaksi auringon säteilyn tulokulman pienenudesta johtuvana, jolloin pinta-alayksikköä kohden tuleva säteilyteho em. rinteillä on pienempi kuin muun suuntaisilla rinteillä, ja lumi sulaa hitaasti (Kondratyev 1977). Näillä kaltevuusuunnilla myös puuston koko ja määrä on todettu yleensä pienemmäksi (Poso ja Kujala 1979, Roiko-Jokela 1980, Norokorpi ja Kärkkäinen 1985). Roiko-Jokelan (1980) mukaan maaston suunnan ja kaltevuuden vaikutus lakialueiden puustoon on Etelä-Lapissa pienempi kuin pohjoisemmilla alueilla.

Puuston kokoon ja määrään liittyvät tunnuksat korreloivat voimakkaan positiivisesti lumen peittävyuden kanssa. Voidaan näin ollen päätellä, että runsas puusto hidastaa lumipeitteen sulamista. Mustosen (1966) mukaan runsas puusto pienentää myös roudan syvyyttä. Vaikutus johtuu osaksi lumipeitteen paksuuseroista, osaksi muista pienilmastotekijöistä. Huikarin ja Paarlaha- den (1967) Kivalon tutkimusalueella tekemien kenttäkokeiden perusteella turvemaan keinotekoinen kylmentäminen pitämällä maa lumesta vapaana talvella ja peittämällä se keväällä lumella ja oljilla suurensi männyn, kuusen ja koivun paksuuskasvua seuraavana kesänä. Puuston kasvun ja lumipeitteen välinen yhteys ei heidän mukaansa tällöin johtunut niinkään maan kasvukauden alun aikaisesta lämpötilasta, vaan kosteuden säilymisestä maassa riittävänä myös kesän kuivina kausina.

Puuston tiheyden vaikutus maan lumipeitteeseen on kahtalainen. Tiheä latvusto hidastaa lumisuojan muodostumista ja lumipeite jää ohueksi, toisaalta auringonsäteily ei pää-

se keväällä tunkeutumaan tiheään latvuston läpi, ja lumipeite häviää tiheästä metsästä avonaista metsää hitaammin (Seppänen 1961, Kuusisto 1984). Yli-Vakkurin (1960a) mukaan latvuston merkitystä arvosteltaessa on otettava huomioon paitsi latvuston peittävyys myös sen paksuus ja laatu sekä korkeus maasta. Käytetyllä metsänhoidollisella tiheysarvioinnilla ei löydetty tilastollista riippuvuutta puuston tiheyden ja maaston lumipeitteisyyden välillä, minkä voidaan kuitenkin katsoa johtuvan käytetyn tiheysarvioinnin teknisestä laadusta eikä siitä, etteikö puuston tiheydellä olisi merkitystä lumensulamislumien kannalta. Korkeimmilla paikoilla puut kasvavat luonnostaan siksi harvassa, että saman tiheysasteikon soveltaminen koko alueella kuvaa huonosti metsän sukkessioketystystä. Näissä olosuhteissa ei myöskään harvennushakkuista, jotka Yli-Vakkuri (1960a, 1960b) mainitsee keinona lieventää talvien olosuhteiden kuusikoissa aiheuttama epäedullista vaikutusta, ole tarkoitettua hyötyä. Aukeilla aloilla esiintyi maaston mikrotopografiasta johtuvaa lumipeitteen laikuttaisuutta. Lumipeite säilyi pisimpään notkelmissa ja aurasvaoissa sekä soiden mätäväleissä, minkä myös mm. Kubin ja Poikolainen (1982) sekä Yli-Vakkuri (1961) ovat todenneet (vrt. kuitenkin Eurola 1975).

Puulajin vaikutus on tässä yhteydessä myös oleellinen. Pohjoissuomalaisen kuusen latvus ulottuu usein maahan saakka, jolloin latvuston peittämä maa säilyy lähes paljaana lumen kerääntyessä oksistoon ja puiden väli-alueille. Runsaslumiset metsäkuviot löytyivät suhteellisesti useammin sieltä, missä kuusen puulajiosuus (runkotilavuudesta) oli suurin. Vastaavasti männyn ja koivun osuudet olivat suurimmillaan lumesta pitemmälle vapautuneilla kuvioilla. Selitysmalleja saaduille tuloksille on kaksi: kysymyksessä on joko puulajien erilainen vaikutus lumipeitteeseen taikka eri puulajien välillä on eroja kyvyssä tulla toimeen erilaisilla kasvupaikoilla (esim. Ca-jander 1949). Tutkimusalueella tilanne lienee se, että korkeilla paikoilla maanpinnan hidas vapautuminen lumipeitteestä johtuu ensisijaisesti meso-makroilmastollisista tekijöistä ja alempana sijaitsevia alueita paksummasta lumipeitteestä. Alavilla ja runsaspuustoisilla paikoilla metsikön puuston määrä ja sen laa-

tu vaikuttavat lumipeitteeseen suhteellisesti enemmän.

Lumenviipymäilmiön yhteys huonoihin kasvuolosuhteisiin ja lumituhojen esiintymiseen heijastui mm. siten, että metsänhoidolliselta tilaltaan epätyytyttävät ja vajaatuottoiset kuviot olivat yleisimmillään runsaslumisilla alueilla. Tulos on sopusoinnussa Heikinheimon (1920) tutkimusalueella tekemien havaintojen kanssa, joiden mukaan sekä lumipeitteen paksuus että lumituhojen yleisyys lisääntyivät maaston korkeuden kasvaessa.

Tiivistäen voidaan luotella joukko piirteitä, jotka liittyvät työssä tutkittuihin lumenviipymäalueisiin:

- kasvupaikkana on tuore kangas, kuivahko kangas tai korpi,
- kysymyksessä on ns. lakialue,
- maasto on lievästi kalteva pohjois-, koillis- tai itärinte
- kuvion jatkumissuuntana on itä-länsi,
- puusto on kooltaan ja määrältään suurempi kuin pienemmän lumen peittävyysarvon omaavilla kuvioilla,
- metsikkökuvioilla on tuotosta alentava lisämäärä, esimerkiksi kunttaisuus,
- kuusen osuus puustosta on suuri,
- metsänhoidollinen tila on usein epätyytyttävä tai vajaatuottoinen.

Metsänhoidollisia toimenpiteitä suunniteltaessa lumenviipymäkuvioiden tuntemisesta ja rajaamisesta on suurin hyöty silloin, kun harkitaan, huonontaako ilmiö primäärisenä kasvupaikkatekijänä puuston tuotoskykyä (kasvupaikkaindikaattori), vai onko lumenviipymäilmiö lähinnä metsikön puuston aikaansaama ominaisuus. Tuotosta huonontavana tekijänä se tulee ainakin osaksi otetuksi huomioon maan kunttaisuudessa. Tykyilmiön mahdollinen esiintyminen täytyy myös ottaa lukuun. Etelä-Suomen oloihin verrattuna lumenviipymäilmiö näyttää etenkin alueen korkeilla maastokohdilla liittyvän useammin primäärisiin, puustosta riippumattomiin kasvupaikkatekijöihin. Tällöin ei lumipeitteen laatuun ja kesto aikaan ole suuria mahdollisuuksia vaikuttaa puustoa käsittelemällä tai puulajivalinnalla. Alavilla mailla lumenviipymäilmiötä selittävät varsin hyvin suurilmasto ja metsän laatu, jolloin tilanne ei periaatteellisessa mielessä poikkea Etelä-Suomen olosuhteista.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Adams, W. & Barr, D. 1979. Vegetation-snow relationships in Labrador. Teoksessa: Proc. Eastern Snow Conference, 36th Annual Meeting, Aleksandria Bay, N.Y. June 7—8, 1979. S. 1—25.
- & Roulet, N. 1982. Areal differentiation of land and lake snowcover in a small sub-arctic drainage basin. *Nordic Hydrology* 13:139—156.
- Dey, B. & Richards, J. 1981. The Canadian North: Utility of remote sensing for environmental monitoring. *Remote Sens. of Environment* 11:57—72.
- Eiche, V. 1966. Cold damage and plant mortality in experimental provenance plantations with Scots pine in Northern Sweden. *Stud. For. Suecica* 36:1—218.
- Euroala, S. 1975. Snow and ground frost conditions of some Finnish mire types. *Ann. Bot. Fenn.* 12:1—16.
- 1978. Tunturikasvillisuudesta ja ekologiasta. Oulun yliopisto, Kasvitieteen laitoksen Lapin retkeily 1978. Moniste. 50 s.
- Fitzgibbon, J. & Dunne, T. 1980. Snowmelt prediction in a subarctic drainage area. *Nordic Hydrology* 11:243—254.
- Foster, J., Rango, A., Hall, D., Chang, A., Allison, L. & Diesen, B. 1980. Snowpack monitoring in North America and Eurasia using passive microwave satellite data. *Rem. Sens. of Environment* 10:285—298.
- Cajander, A. 1916. Lumenmurroista Pohjois-Suomen kuusimetsissä. *Metsätal. Aikakausk.* 12:349—352.
- 1949. Metsätyyppit ja niiden merkitys. *Acta For. Fenn.* 56:1—69.
- Gary, H. 1979. Duration of snow accumulation increases after harvesting of Lodgepole pine in Wyoming and Colorado. U.S. Dept. Agric. Res. Note RM 366:1—7.
- Golding, D. & Swanson, R.H. 1978. Snow accumulation and melt in small forest openings in Alberta. *Can. J. For. Res.* 8(4):380—388.
- Gudmandsen, P. 1980. Electromagnetic studies of ice and snow. I. Radiometry of ice and snow. Teoksessa: Frayse, G. (toim.): Remote Sensing Application in Agriculture and Hydrology. A.A. Balkema, Rotterdam. S. 401—416.
- Haefner, H. 1980. Snowcover monitoring from satellite data under European conditions. Teoksessa: G. Frayse (toim.): Remote Sensing Application in Agriculture and Hydrology, A.A. Balkema, Rotterdam. S. 339—372.
- Heikinheimo, O. 1920. Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. Referat: Die Schneeschadengebiete in Finnland und ihre Wälder, *Commun. Inst. Quaest. For. Finl.* 3:1—134.
- Hoffer, R. 1980. Computer-aided analysis of satellite and aircraft MSS data for mapping snow-cover and water resources. Teoksessa: G. Frayse (toim.): Remote Sensing application in Agriculture and Hydrology, A.A. Balkema, Rotterdam. S. 373—388.
- Hoitoaluekohtaisen metsätalouden järjestelyn suunnitteluohjeet 1983. Metsähallituksen kirje S195 (8.11.1983). 92 s., liitt. 18 s.
- Huikari, O. & Paarlahti, K. 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce and birch. Seloste: Kenttäkokeiden tuloksia männyn, kuusen ja koivun ekologiasta. *Commun. Inst. For. Fenn.* 64:1—135.
- Häme, T. & Saukkola, P. 1982. Satelliittikuvat Pohjois-Suomen metsäveroluokituksessa. *Valt.tekn. tutkimuskeskus, Tutkimuksia* 112:1—165, liitt. 17 s.
- Kalliola, R. 1979. Pohjolan luonnonmaantieteellinen aluejako. *Terra* 91:95—107.
- Keränen, J. 1936. Lämpöoloista puiden ja eräiden pensaiden kasvupaikkojen pohjoisilla rajoilla Suomessa. *Acta For. Fenn.* 42:621—640.
- Kilpelä, E., Jaakkola, S., Kuittinen, R. & Talvitie, J. 1978. Automated earth resources survey using satellite and aircraft scanner data. A Finnish approach. *Techn. Res. Centre of Finland, Building Technol. and Community Development. Publ.* 15:1—174.
- Kondratyev, K. 1977. Radiation regime of inclined surfaces. WMO, Technical Note No. 152:1—83.
- Kubin, E. & Poikolainen, J. 1982. Hakkaamattoman metsän sekä eri tavoin muokatusn avohakkuualan routa- ja lumisuhteista. Summary: Snow and frost conditions in an uncut forest and open clear-cut areas prepared in various ways. *Folia For.* 518. 24 s.
- Kuittinen, R., Autti, M., Perälä, J. & Vironmäki, J. 1985. Lumen vesiarvon määrittäminen luonnon gammasäteilyn ja satelliittikuvien avulla. *Valt. tekn. tutkimuskeskus, Tutkimuksia* 370:1—98, liitt. 14 s.
- Kuusisto, E. 1984. Snow accumulation and snowmelt in Finland. Tiivistelmä: Lumipeitteen kertyminen ja sulaminen Suomessa. Vesihallitus, Vesitutkimuslaitoksen julk. 55:1—149.
- Lehto, J. 1978. Käytännön metsätyyppit. Helsinki. 98 s.
- Lichtenegger, J., Seidel, K., Keller, M. & Haefner, H. 1981. Snow surface measurements from digital Landsat MSS data. *Nordic Hydrology* 12:275—288.
- Lillesand, T., Meisner, D., LaMois Downs, A. & Duell, R. 1982. Use of GOES and TIROS/NOAA satellite data for snowcover mapping. *Photogr. Engin. & Remote Sens.* 48(2):251—259.
- Matson, M. & Wiesnet, D.R. 1981. New data base for climate studies. *Nature* 289:451—456.
- Mattila, S. 1967. Tilastotiede II. Kauppakorkeakoulu, Helsinki. 174 s.
- Mustonen, S. 1966. Ilmasto- ja maastotekijöiden vaikutuksesta lumen vesiarvoon ja roudan syvyyteen. *Acta For. Fenn.* 79:1—36.
- Norokorpi, Y. & Kärkkäinen, S. 1985. Maaston korkeuden vaikutus puusto- ja kasvupaikkatunnuksiin sekä tykkytuhoihin Kuusamossa. Summary: The effect of altitude on stand and site characteristics and crown snow-load damages in Kuusamo in Northern Finland. *Folia For.* 692. 26 s.
- Odin, H. 1978. Impact of environmental factors on forest development. WHO Symp. on Forest Meteorol., Ottawa Aug. 21-25, 1978. WHO No. 527:1—22.
- 1984. Klimat. Teoksessa: P.O. Bäckström (toim.). Skogsförnyngning i fjällnära skogar. Forskarrapport. Sveriges lantbruksuniversitetet, Skogsvetenskapliga fakulteten. S. 6—16.
- Poso, S. 1983. Kuvioittaisen arvioimismenetelmän perusteita. Summary: Basic features of forest inventory by compartments. *Silva Fenn.* 17(4):313—349.
- & Kujala, M. 1973. The effect of topography on the

- volume of forest growing stock. Seloste: Topografian vaikutus puuston määrään. Commun. Inst. For. Fenn. 78(2). 29 s.
- Päivänen, J. 1973. Harvennuksen vaikutus lumi- ja routasuhteisiin nuorena turvemaan männikössä. Summary: The effect of thinning on the snow cover and soil frost conditions in a young Scots pine stand on drained peat. *Silva Fenn.* 7(2):114—128.
- Rango, A. & Martinec, J. 1979. Application of snowmelt-runoff model using Landsat-data. *Nordic Hydrology* 10:225—238.
- Roiko-Jokela, P. 1950. Maaston korkeus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of altitude on the forest yield in Northern Finland. *Folia For.* 452. 21 s.
- Ruck, B. von & Schmitt, F. 1986. Das Strömungsfeld der Einzelbaumströmung. Abschätzung von Depositionswahrscheinlichkeiten für Feinsttröpfchen. *Forstw. Cbl.* 105:178—196.
- Sarvas, R. 1966. Temperature sum as a restricting factor in the development of forest in the Subarctic. In: *Ecology of the Subarctic Regions*, Proc. Helsinki Symposium 1966, Unesco, pp. 79—81.
- Seppänen, M. 1961. On the accumulation and the decreasing of snow in pine dominated forests in Finland. *Fennia* 86(1):1—51.
- Sirén, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in Northern Finland and its ecology. Seloste: Pohjois-Suomen paksusammalkankaiden kuusimetsien kehityksestä ja sen ekologiasta. *Acta For. Fenn.* 62(4):1—408.
- Solantie, R. 1974. Pohjois-Suomen lumipeitteestä. *Lapin ilmastokirja, Lapin Tutkimusseura.* S. 74—89.
- Soveri, J. & Varjo, M. 1977. Roudan esiintymisestä ja muodostumisesta Suomessa vuosina 1955—1975. *Vesientutkimuslaitoksen julkaisu* 20:1—66.
- Tiuri, M., Hallikainen, M., Jakkula, P. & Schultz, H. 1978. Microwave signatures of snow measured in Finland. Helsinki Univ. of Technology, Radio lab. Rep. 109:1—10.
- Townshend, J. (ed.) 1981. *Terrain Analysis and Remote Sensing*. George Allen & Unwin, London. 232 s.
- Tranquillini, W. 1979. *Physiological Ecology of the Alpine Timberline*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 137 s.
- Valmari, A. 1969. Havaintoja tuiskulumen kasaantumista sekä tummennusaineiden vaikutuksesta lumen sulamiseen. Teoksessa: P. Tuomikoski (toim.) *Geofysiikan päivät, Oulu 1969.* S. 83—101.
- Yli-Vakkuri, P. 1960a. Metsiköiden routa- ja lumisuhteista. *Acta For. Fenn.* 71. 48 s.
- 1960b. Roudan ja lumen metsiköittäisestä vaihteesta ja sen merkityksestä. *Metsätal. Aikakauslehti* 6—7. Erip. 3 s.
- 1961. Pälvien muodostumisesta metsäisessä maastossa. *Suomen Riista* 14:43—52.

Total of 53 references

SUMMARY

Ablation of late snowcover in relation to some stand and site characteristics in Kivalo, northern Finland

The formation and ablation of the protective snow cover affect the temperature conditions of the soil and thus the presence of ground frost. For the trees, the positive effects comprise higher temperatures under the snow and in the soil than in snowless areas, prevention of frostdrying, protection from mechanical damage by wind and longer retention of spring moisture in the soil. In general, however, where the growing season is short, sites which retain their snowcover for a long time in the spring are considered disadvantageous owing to the fact that the soil remains cold.

From the beginning of the century, forestry studies have drawn attention to the crown snow load which accumulates on trees on the wooded hills of northern Finland and which may, at its worst, cause considerable damage by breaking off treetops and branches. On the other hand, study of the significance of the snowcover on the ground in these conditions has attracted relatively little attention.

The objective of the present study was to look into the site and stand factors affecting the duration of snowcover for a fairly extensive forest area in northern Finland. A preliminary study evaluated various remote sensing techniques for delimiting spatial patterns of snow. The aerial survey was carried out in the study area (66°23' N, 26°37' E) on 15 May 1982, when

approximately one half of the area was free of snow. The snowcover for an area of some 6000 ha was examined in mesoscale on the basis of 1:10 000 scale aerial photography using a mirror stereoscope and ground observation material (Fig. 2). Data on landscape and stand compartments were obtained from existing topographical and forestry maps. In combining the data, 595 observation points chosen by unaligned systematic random sampling were used.

Most of the observation points were located on mineral soils (Fig. 3). The snow coverage on damp and subdry sites as well as in spruce mires was generally still over 75 % (Fig. 4) and it increased with elevation. North, north-east and east slopes had a more extensive snow coverage, most likely the result of the small angle of incidence for solar radiation (Fig. 6). East-west snow compartments had the highest coverage (Fig. 8). The mean height, volume, basal area and age of trees i.e. indicators of the size and quantity of the growing stock, exhibited a strong positive correlation with snow coverage. The effect of the density of the growing stock was not as clear (Fig. 9). In clearings and sapling stands, the melting of snow had progressed further than elsewhere (Fig. 13). Of factors which diminish yield, thick humus layer was often associated with a high value of snow coverage (Fig. 5). Stand compartments

with an abundance of snow were frequently located in spruce-dominated areas. Correspondingly, the proportion of pine and birch was greatest in areas in which the melting had progressed further. (Fig. 10).

From the managerial standpoint knowing and delimiting of the pattern of snowcover is useful when determining whether ablation is connected with site

factors which adversely affect the growth conditions of the trees (site indicator) or whether it is a characteristic brought about by the growing stock. In the study area the retention of snow seems to be connected with the soil and climatic conditions independent of the growing stock more so than is the case in southern Finland. Thus there exist fewer silvicultural options for snow control.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun tutkimusasema
Punkaharju Research Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

- No 674 Mikkola, Kari & Sepponen, Pentti: Kasvupaikkatekijöiden ja kasvillisuuden suhteet Luoteis-Enontekiön tunturikoivikoissa.
Relationships between site factors and vegetation in mountain birch stands in northwestern Enontekiö.
- No 675 Repo, Seppo: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1984—1986.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1984—1986.
- No 676 Keskitalo, Pentti & Sepponen, Pentti: Erilaisten moreenimuotojen kasvupaikkaominaisuuksia Pohjois-Suomessa.
The site properties of different types of moraine formation in northern Finland.
- No 677 Metsäntutkimuslaitoksen päätös havupuutukkien, lehtipuutukkien, mäntypylväiden ja ratapölkkyaihoiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvuista 14. päivänä kesäkuuta 1985 annetun päätöksen muuttamisesta.
Skogsforskningsinstitutets beslut om förändring av beslutet från den 14 juni 1985 om de enhetsvolymtal, som används vid mätning av barrtimmer, lövtimmer, tallstolpar och sliperstimmer.
- No 678 Isomäki, Antti: Linjakäytävän vaikutus reunapuiden kehitykseen.
Effects of line corridors on the development of edge trees.
- No 679 Peltonen, Antti: Metsien uudistaminen turvemilla kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978—1979 inventointitulokset.
Forest regeneration on peatlands in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from inventories in 1978—1979.
- No 680 Naskali, Arto: Keskittymisindeksit ja ostajien keskittyminen Pohjois-Suomen raakapuumarkkinoilla.
Concentration indices and buyer concentration in the roundwood markets in Northern Finland.
- 1987
- No 681 Kaunisto, Seppo: Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla.
Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas.
- No 682 Voipio, Raili: Puiden biomassan vitamiinipitoisuus.
Vitamin content of tree biomass.
- No 683 Uusvaara, Olli & Verkasalo, Erkki: Metsähakkeen tiivys ja muita teknisiä ominaisuuksia.
Solid content and other technical properties of forest chips.
- No 684 Rikkinen, Pentti: Havutukkien kuorelliseen latväläpimitaan perustuva tilavuuden määrittäminen.
Volume of coniferous saw logs based on top diameter over bark.
- No 685 Huuri, Olavi, Lähde, Erkki & Huuri, Leena: Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen.
Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations.
- No 686 Valtanen, Jukka & Engberg, Mikael: Vuosina 1970—72 perustetun aurasalueiden metsänviljelykokeen tulokset Kainuussa ja Pohjanmaalla.
The results from Kainuu and Pohjanmaa of the ploughed-area reforestation experiment begun during 1970—72.
- No 687 Nurmi, Juha: Polttohakkeen kuivatus traktorikonteissa.
Drying of fuel chips and chunks in wooden bins.
- No 688 Juntunen, Marja-Liisa (red.): Arbetssäkerhet och belastning vid självverksamma skogsägares drivningsarbete — NSR slutrapport.
Work safety and strain of self-employed forest owners during logging.
Työturvallisuus ja kuormittuminen omatoimisten metsänomistajien puunkorjuussa.
- No 689 Nöjd, Pekka, Mälkönen, Eino & Kukkola, Mikko: Lehtikuusen lannoituskokeiden tuloksia.
Growth response of *Larix* to fertilization.
- No 690 Metsätalastollinen vuosikirja 1986.
Yearbook of Forest Statistics 1986.
- No 691 Ritari, Aulis: Lumipeitteen sulamisen riippuvuus eräistä metsikkö- ja kasvupaikkatunnuksista Kivalon tutkimusalueella.
Ablation of late snowcover in relation to some stand and site characteristics in Kivalo, northern Finland.
- No 692 Sirén, Matti, Ala-Ilomäki, Jari & Högnäs, Tore: Harvennuksiin soveltuvan metsäkuljetuskaluston maastokelpoisuus.
Mobility of forwarding vehicles used in thinnings.
- No 693 Löfström, Irja (toim.): Taajamametsien hoito.
Urban forestry.
- No 694 Verkasalo, Erkki: Metsähakkeen kosteuden ja kuivamassan mittausta kuormaotantamenetelmillä.
Measurement of moisture content and dry weight of forest chips by load sampling methods.
- No 695 Poteri, Marja, Heikkilä, Risto & Yuan-Yi, Liu: Peltoluteen aiheuttaman kasvuhäiriön kehittyminen yksivuotiailla männyntaimilla.
Development of the growth disturbance caused by *Lygus rugulipennis* in one-year-old pine seedlings.
- No 696 Saarenmaa, Hannu: Tuhohyönteisten ja sinistymän esiintyminen myrskyn kaatamissa puissa Lapissa 1983—86.
Insect attack and staining in windthrown trees in Lapland 1983—86.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.